

15. Шулаков Д.Ю., Бутырин П.Г., Верхоланцев А.В. Сейсмологический мониторинг Верхнекамского месторождения: задачи, проблемы, решения // Горн. журн. – 2018. – № 6. – С. 25-29. – DOI: 10.17580/gzh.2018.06.05.
16. Шулаков Д.Ю. Методика расчета карт плотности выделения сейсмической энергии в условиях пространственно неоднородной сейсмической сети // Современные методы обработки и интерпретации сейсмологических данных: материалы 7-й Междунар. сейсмолог. шк. / ГС РАН [и др.]. – Обнинск, 2012. – С. 360-364.

УДК 550.834

DOI:10.7242/echo.2023.2.10

РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЙМОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ МАЛОГЛУБИННОЙ СЕЙМОРАЗВЕДКИ

А.И. Никифорова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Рассмотрена связь физических характеристик геологического разреза и особенностей эвапоритонакопления. Выполнен сеймостратиграфический анализ малоглубинных сейморазведочных исследований. Намечены наиболее проблемные участки с точки зрения безопасности ведения горных работ.

Ключевые слова: Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей, малоглубинная сейморазведка, сейсмофация, высокоамплитудная складка.

Неоднородность физико-геологических условий эвапоритонакопления и разнонаправленный характер постседиментационных изменений обуславливают заметные различия акустических свойств соляной толщи Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС). Отмечается связь физических характеристик геологического разреза с особенностями геологического развития территории. Это проявляется в изменчивости параметров сейсмической записи: амплитудной выразительности и протяженности отражений, частотного состава, рисунка осей синфазности в пакетах отражений. Анализ перечисленных характеристик в качестве индикаторов геологических процессов (тектонических, палеогеоморфологических и т.д.) лежит в основе сеймостратиграфического анализа [1].

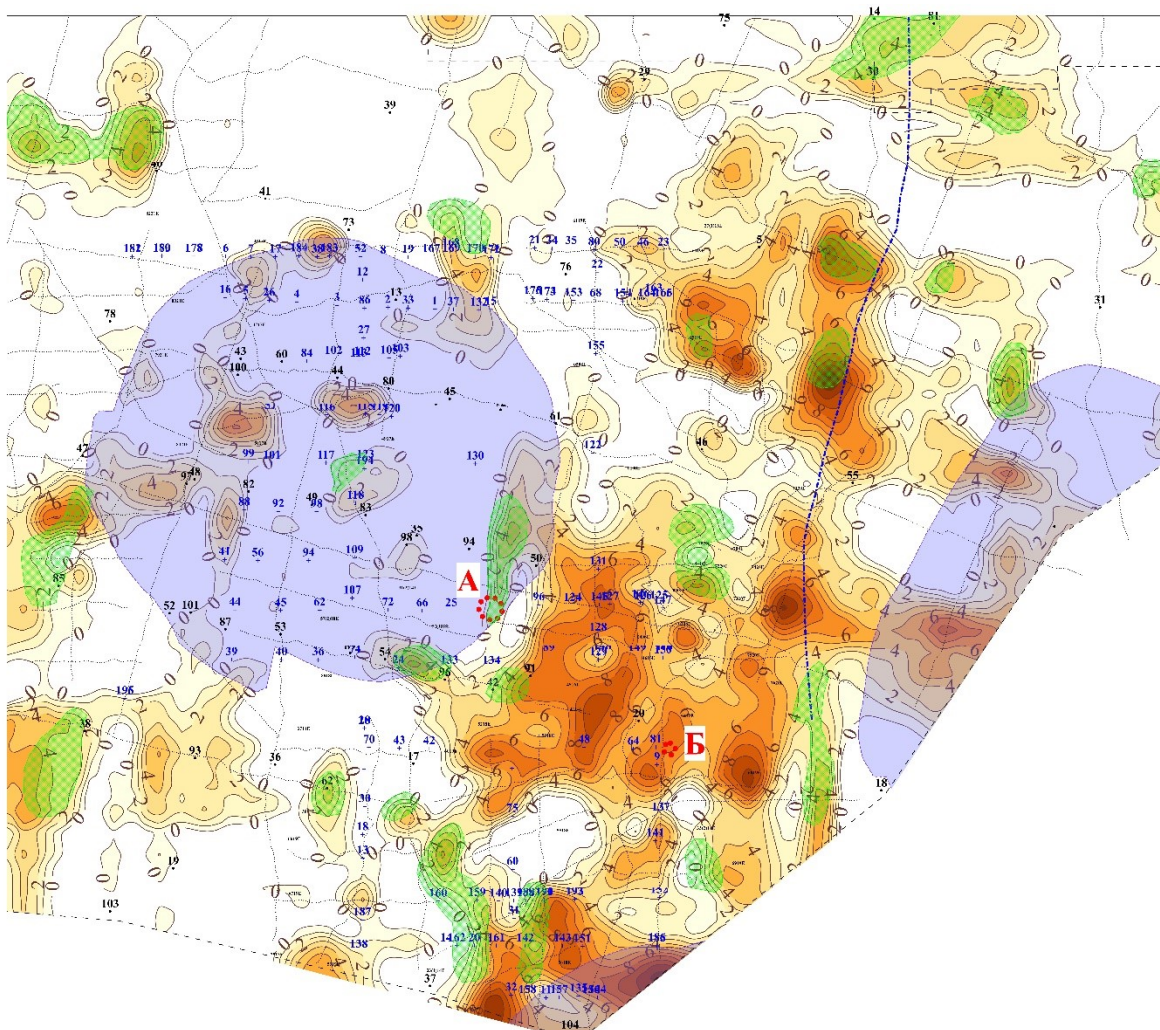
При детальном малоглубинном сейморазведочном исследовании единицей изучения на этапе интерпретации является сейсмическая фация. В данном случае под термином «сейсмофация» понимается генетическая группа отложений, строение которых отображается в наборе параметров сейсмозаписи.

В условиях ВКМКС особый интерес с позиций обеспечения безопасного ведения горных работ представляет прогноз сейсмофаций интенсивных постседиментационных преобразований продуктивной толщи, в том числе высокоамплитудных складок.

Сеймостратиграфическую интерпретацию малоглубинных сейсмических данных можно разделить на два основных этапа. На первом этапе выполняется преобразование априорной геолого-геофизической информации в форму, приемлемую для сопоставления с результатами сейморазведочных исследований. На втором проводится совместный структурный и сейсмофациальный анализ, результатом которого являются интерпретационные заключения о природе выделенных сейсмофаций и прогноз их распространения.

Данная методика опробована в южной части ВКМКС, где в 2008-22 гг. выполнялись малоглубинные сейморазведочные исследования. В качестве исходных данных использовались:

- результаты цифровой обработки по профильным линиям (временной разрез, распределение эффективных скоростей во временной области, динамический временной разрез, вычисленный в различных частотных диапазонах, комплексный параметр);
- структурные карты опорных отражающих горизонтов (ОГ), приуроченных к кровле: переходной пачки (ОГ ПП), карналлитового пласта Е (ОГ Ек), сильвинитовой пачки (Сил) и к интервалу маркирующей глины (МГ);
- карты распределения интервальных скоростей в рассматриваемых диапазонах;
- данные бурения солеразведочных и подземных скважин;
- геологические разрезы горных выработок.



2 - изохроны ΔT МГ-Сил наземные сейсмические профили - верхнедевонско-турнейские рифовые массивы - высокоамплитудная складка по пласту КрII
5 7
 - солеразведочная скважина - подземная скважина - надвиг на поверхности Кр2 - прогнозные участки интенсивной складчатости

Рис. 1. Карта ΔT МГ-Сил

Результатами прямых исследований в большей степени охарактеризован интервал МГ-Сил, поэтому он выбран в качестве эталонного. Характер внутрисоляных деформаций этого комплекса определяется в основном характером деформации сильвинитовых пластов, которые в пределах соляных поднятий имеют слож-

носкладчатые условия залегания. Наряду со складками до 1-3 м, охватывающими отдельные пласты, развиты складки амплитудой до 20-30 м, прослеживающиеся по всему разрезу комплекса. Наиболее интенсивная складчатость распространена в сводах поднятий и на площадях, примыкающих с востока и запада к зонам замещения каменной соли. На крыльях поднятий складки более симметричные (преимущественно наклонные) и характеризуются неравномерным распространением [2].

Литологическая и структурная неоднородность породного массива обуславливает дифференциацию скоростей распространения упругих волн, вызывающую различия во временах прохождения через эти отложения. Поэтому для выявления фациальных особенностей рассматриваемой толщи построена карта ΔT МГ-Сил, представленная для удобства интерпретации за вычетом региональной составляющей (рис. 1).

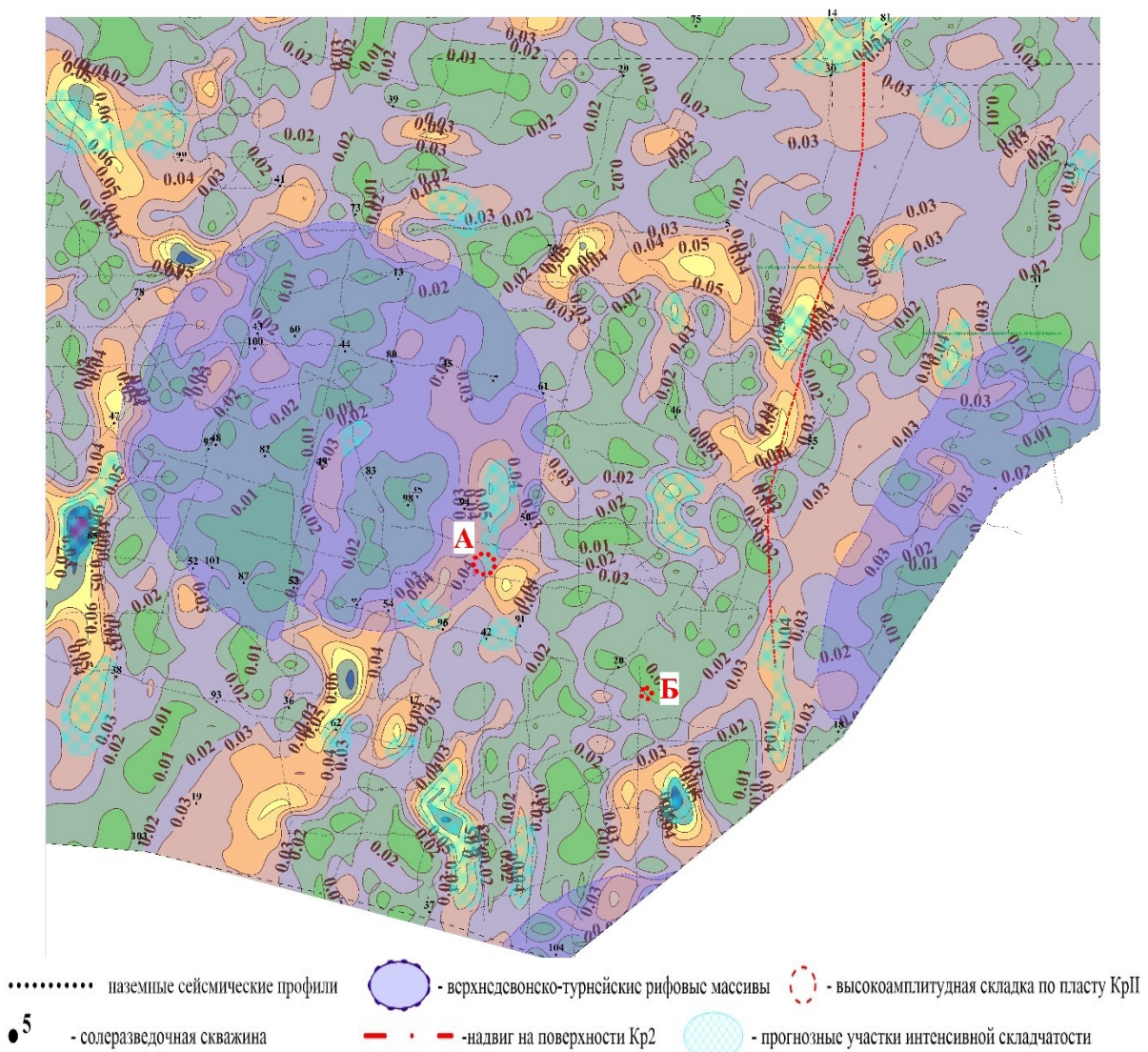


Рис. 2. Карта изменения структурного градиента ОГ Сил

Аномальное увеличение значений ΔT МГ-Сил соответствует участкам, отличающимся по физическим свойствам от вмещающего массива пород. Для отбраковки зон, сформировавшихся под влиянием литологического фактора, целесообразно построение карт изменения структурного градиента ОГ кровли и подошвы рассматриваемого ин-

тервала. Поскольку пласты солей верхней части данного комплекса деформированы больше, чем нижней, карта построена для структурной поверхности кровли сильвинитового пласта А (ОГ Сил) (рис. 2).

Области повышенных структурных градиентов приурочены к склоновым частям поднятий соляной толщи, периферии органогенных построек верхнедевонско-турнейского возраста и зоне влияния надвига по поверхности Кр2.

Пространственная корреляция зон повышенных значений ΔT МГ-Сил с участками максимальной изменчивости структурного градиента ОГ Сил позволяет наметить зоны интенсивной складчатости в рассматриваемом интервале разреза (рис. 3).

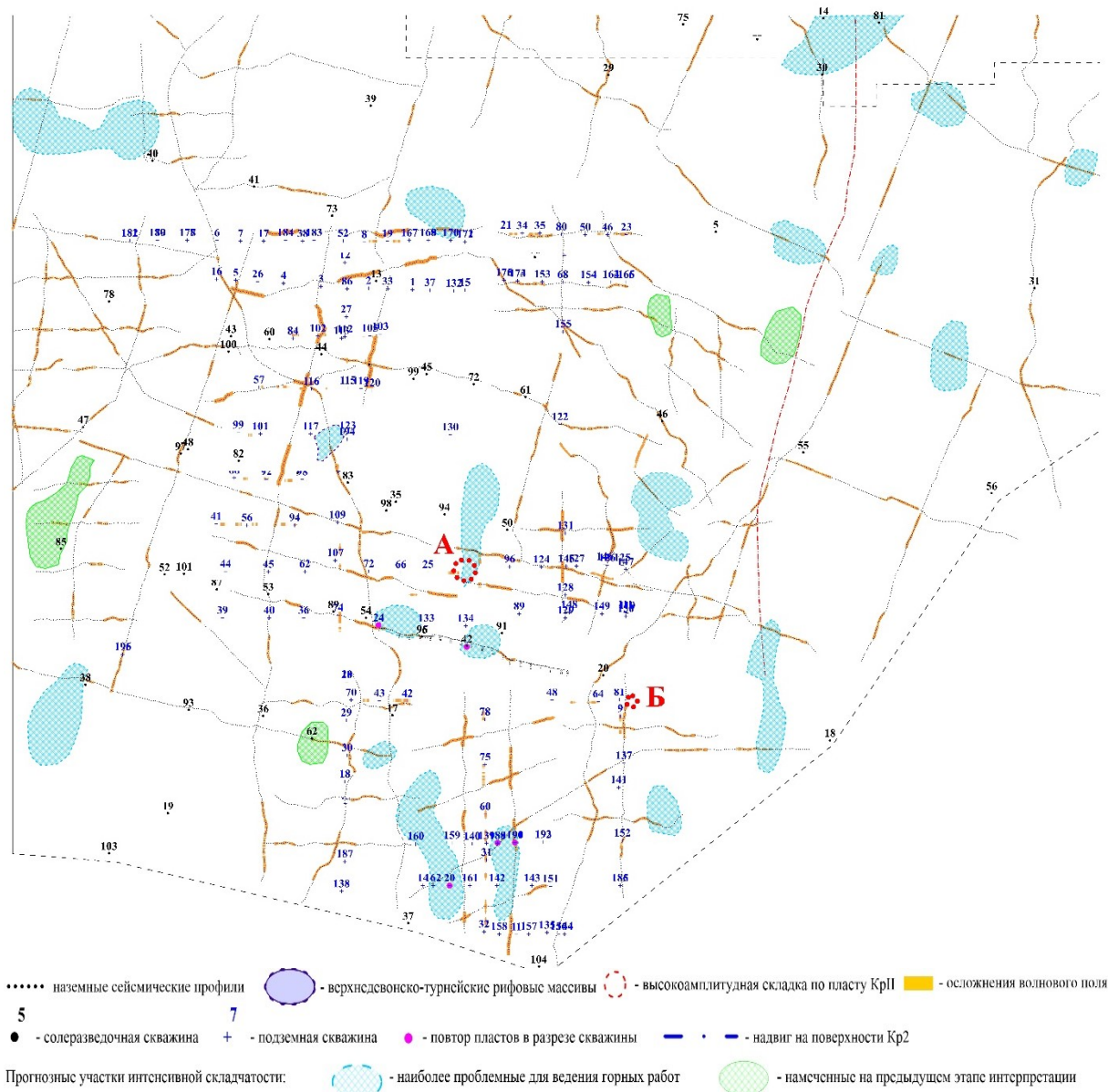


Рис. 3. Схема результатов качественной интерпретации данных малоглубинной сейсморазведки

На следующем этапе выполняется ранжирование выделенных зон по степени дислоцированности породного массива на основе интерпретации результатов цифровой обработки по профильным линиям. Исходя из ожидаемой сейсмогеологической модели зоны интенсивной складчатости, можно предположить основные диа-

гностические признаки искомой сейсмофации: локальное нарушение регулярности волнового поля, снижение скоростей распространения упругих волн и частотной составляющей.

Выделенные таким образом участки представляются наиболее проблемными с точки зрения безопасности отработки шахтного поля (рис. 3).

Полученные результаты согласуются с известными особенностями геологического строения. На одном из участков рудника в процессе проходки подготовительных выработок по сильвинитовому пласту КрII вскрыта складка высотой более 30 м (рис. 1 – А), вероятно, сформировавшаяся на месте пересечения двух диагональных (северо-восточной и северо-западной) складчатых систем соляной толщи. Она представляет собой фрагмент крупной складчато-надвиговой структуры. Приуроченные к ней зоны вязких разрывов прослеживаются до кровли покровной каменной соли [3]. Складка Б (рис. 1, рис. 2), закартированная вне зоны, намеченной по результатам сейсмостратиграфической интерпретации данных малоуглубинной сейсморазведки, имеет высоту около 10 м. Она не сопровождается вязкими разрывами слоев, брекчиями, свидетельствующими о распространении дислокаций вверх по разрезу, а имеющиеся структурные признаки отражают внутрипластовый характер течения соляных пород, что не позволяет отнести ее к аномальным особенностям водозащитной толщи.

Поскольку ядра антиклинальных складок, образуемых слоями сильвинитов, дополнительно осложнены мелкой внутрипластовой складчатостью, повторы пластов, установленные при бурении скважин, подтверждают корректность выделения участков интенсивной складчатости.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края в рамках научного проекта № 20-45-596030 р_НОЦ_Пермский край

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарев В.И. Сейсморазведка: учебник для вузов. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – 690 с.
2. Кудряшов А.И. Верхнекамское месторождение солей / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2001. – 429 с.: ил.
3. Чайковский И.И., Иванов О.В., Паньков И.Л., Чиркова Е.П. О природе крупной антиклинальной складки на Усольском руднике верхнекамского месторождения солей, ее геомеханической и газовой-геохимической зональности // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2021. – Т.163, кн. 3. – С. 490-499.

УДК 004.42, 550.34.01

DOI:10.7242/echo.2023.2.11

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МАЛОУГЛУБИННОЙ СЕЙМОРАЗВЕДКИ

М.В. Тарантин

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Исследовательские работы требуют гибкого обрабатывающего алгоритмического обеспечения. Наиболее крупные этапы процедуры работы с материалами реализованы в программных модулях, каждый из которых со временем подвергается модернизации в соответствии с наиболее результативными алгоритмами. Представлены некоторые современные модули, предназначенные для